

# **GESTION DURABLE DES RISQUES D' AFFAISSEMENT MINIER : CHOIX DE STRATEGIES - CAS DE MOYEUVRE-GRANDE.**

## ***SUSTAINABLE MANAGEMENT OF MINING SUBSIDENCES RISKS: STRATEGIES CHOOSING – AN APPLICATION TO MOYEUVRE-GRANDE CASE***

Abla M. EDJOSSAN-SOSSOU<sup>1</sup> ; Marwan AL HEIB<sup>2</sup> ; Olivier DECK<sup>1</sup> ; Thierry VERDEL<sup>1</sup>

*1 Université de Lorraine, LAEGO, EA 1145, Nancy, F-54042, France*

*2 INERIS, Nancy, F-54042, France*

**RÉSUMÉ** — L'aléa « mouvement de terrain d'origine minière » est associé à l'évolution de la stabilité de cavités souterraines abandonnées. La gestion des risques qui en découle peut se faire selon différentes stratégies et conduire à un ensemble de mesures allant de prescriptions réglementaires en matière d'urbanisme à des mesures techniques de réduction de l'aléa ou de la vulnérabilité. L'objectif de cet article est de présenter une méthodologie d'évaluation de ces différentes stratégies selon des critères cohérents avec les objectifs d'un développement durable. Le travail porte d'une part sur l'identification de ces critères et d'autre part sur leur application à l'étude du cas de la commune de Moyeuvre-Grande (57) à travers une analyse coûts-avantages.

**ABSTRACT** — Ground movement hazard is commonly associated with the collapse and the instability of abandoned underground cavities. The related risks can be handled through different strategies, which are made up of measures ranging from urbanization regulatory requirements to technical measures for reducing the hazard or the vulnerability. This paper aims to propose a methodology for evaluating these different strategies according to criteria relevant with sustainable development objectives. It focuses on two levels: identification of criteria on the one hand, and on the other, application in the Moyeuvre-Grande case study through a cost-benefit analysis.

### **1. Introduction**

En raison de son passé minier, la Lorraine est confrontée à divers problèmes dont les risques liés aux mouvements de terrain (affaissements, fontis, etc.). Les cavités souterraines (chambres et piliers abandonnés, puits, galeries d'infrastructures, etc.) issues de l'exploitation minière sont sujettes à des instabilités pouvant provoquer des mouvements de terrain en surface. Cette situation peut générer de graves conséquences, particulièrement lorsqu'elle se produit en milieu urbain : exemples d'Auboué (1996), Moutiers (1997) et Roncourt (1999) en Lorraine.

Les services de l'Etat et les collectivités locales y remédient en mettant en œuvre des mesures de gestion dans un contexte souvent multi-paramètres (enjeux, acteurs, techniques, etc.). La demande sociale de sécurité face aux risques naturels ou

anthropiques ne cesse d'augmenter ; faisant de la gestion des risques un des défis à relever par les décideurs pour assurer la durabilité de leur territoire. Par ailleurs, l'évolution de la société conduit à rechercher un développement durable (Nicolas *et al.*, 2001). De ce fait, les choix de gestion effectués au nom du développement durable doivent intégrer des objectifs de durabilité intrinsèque (pérennité et efficacité) et de respect des impératifs de durabilité du territoire sur lequel ils sont appliqués (conséquences environnementales, sociales, économiques). Le processus décisionnel ne doit plus se contenter d'aspects techniques et économiques mais nécessairement se référer à des critères de plusieurs ordres qui définissent les conditions sous lesquelles ces objectifs pourraient être atteints. Dans ce cadre, l'objectif principal de la gestion durable des risques est la recherche d'un équilibre entre la réduction de l'exposition des personnes et biens à l'aléa, les impératifs du développement durable et l'urbanisation du territoire.

Le travail mené s'inscrit dans une logique de réflexion sur les conditions de durabilité des stratégies de gestion de ces risques en milieu urbain. Il vise à proposer une méthodologie d'évaluation qui soit reproductible et adaptable à différents risques tels que les inondations, fontis/affaissements, éboulements rocheux, etc. La première partie de cet article porte sur la détermination de critères et indicateurs<sup>1</sup> d'évaluation de la durabilité des stratégies de gestion des risques naturels. La seconde présente une étude de cas sur la commune de Moyeuvre-Grande concernée par un aléa de mouvements de terrains d'origine minière (affaissement) et à propos de laquelle nous initions une analyse coûts/avantages des différentes stratégies de traitement implémentées. Ce cas nous permet alors de tester la pertinence des critères et indicateurs retenus.

## **2. Critères et indicateurs de durabilité des stratégies de gestion des risques naturels ou anthropiques**

La définition de critères et indicateurs de durabilité est un prérequis essentiel pour l'évaluation puis la comparaison des solutions possibles de gestion des risques naturels ou anthropiques. Elle permet de définir le cadre théorique de l'évaluation de leur durabilité. De ce fait, les réflexions formulées à propos des critères et indicateurs découlent essentiellement d'une approche exploratoire d'identification des enjeux et contraintes d'une gestion durable des risques basée sur une revue bibliographique.

L'analyse de risques est décomposée, par les approches classiques, en aléa et vulnérabilité. Cette définition technique, se concentre principalement sur l'analyse de l'aléa et de la vulnérabilité afin d'aboutir à des mesures et recommandations pour

---

<sup>1</sup> Un indicateur est l'élément concret et observable qui fournit des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès (critère) tandis qu'un critère est la thématique par rapport auquel on juge la situation évaluée.

réduire leurs conséquences (Ammann et Schneider, 2004 cités par Thomi et Reynard, 2009). Cette approche ne tient que très peu compte du contexte sociopolitique et institutionnel. Or le contexte actuel de développement durable requiert une ouverture conceptuelle à travers une approche beaucoup plus holistique ; d'où le concept de la gestion durable des risques.

S'il est constaté une intégration implicite et progressive du développement durable dans presque toutes les actions ou activités, la définition de la durabilité de ces dernières est souvent difficile à appréhender. Globalement, une activité ou action supposée durable doit répondre, de manière simultanée, à deux objectifs. D'une part, elle doit avoir une durabilité intrinsèque, et de l'autre, elle doit contribuer au développement durable du territoire sur lequel elle sera appliquée (Terrier, 2009). Premièrement, il s'agit pour elle de prendre en compte les composantes du développement durable en étant supportable à long terme sur le plan écologique, viable sur le plan économique et équitable sur le plan social. Deuxièmement, elle doit être capable de contribuer à l'amélioration des contextes économiques, environnementaux, sociétaux et de gouvernance du territoire concerné.

Une gestion durable des risques exige que des décisions soient prises pour garantir son objectif technique de base tout en favorisant un développement durable du territoire par la conciliation du développement économique, du progrès social et de la préservation de l'environnement. De plus, la question de la gestion de ces risques étant, par nature, aussi bien politique que technique (Mancebo, 2006), il convient d'y associer les aspects relatifs à la gouvernance. Ceci, à travers l'intégration de tous les acteurs concernés au processus de décision de gestion des risques affectant le territoire et la prise en compte de leurs préoccupations, perceptions et réactions.

La mise en œuvre opérationnelle de ce concept implique l'identification de critères et indicateurs permettant de mesurer la durabilité des options y afférentes. S'il existe de nombreuses grilles de critères et indicateurs relatifs à la durabilité d'un projet (Global Reporting Initiative, grille RST<sup>2</sup>, grille Boussole 21, etc.) ou à la durabilité urbaine (IUSIL<sup>3</sup>, Reference Framework for European Sustainable Cities, etc.), il est constaté l'absence de critères et indicateurs spécifiques à l'évaluation de la durabilité de la gestion des risques. La problématique de la gestion des risques naturels est d'ailleurs traitée dans l'IUSIL comme une composante du critère « Social » où elle pourrait se résumer au traitement de l'aléa et de la vulnérabilité.

Sur la base de ce constat et des caractéristiques d'une gestion durable des risques proposées par Dind (2006), une série de cinq critères relevant tant de la durabilité

---

<sup>2</sup> Check-list élaborée par le Réseau Scientifique et Technique (RST).

<sup>3</sup> International Urban Sustainability Indicators List.

intrinsèque des stratégies de gestion que de la durabilité du territoire a été identifiée. Le cahier des charges de ces stratégies, inspiré des cadres de référence des critères et indicateurs existants est résumé dans le tableau 1. Les indicateurs ont été retenus sur la base de leur adéquation avec la problématique.

Tableau 1 : Critères et indicateurs de durabilité des stratégies de gestion

Critères	Indicateurs	Exigences à satisfaire
Efficacité technique	Impacts sur l'aléa Impacts sur la vulnérabilité Génération ou exacerbation de risque naturel (celui traité ou un autre)	Réduire le risque potentiel lié à l'occurrence de l'aléa concerné Ne pas engendrer ou exacerber des risques liés à d'autres aléas (contre-performance)
Durabilité économique	Coût global Dommages économiques liés à l'occurrence de l'aléa Création ou destruction d'opportunités économiques	Avoir un coût global le plus faible possible Limiter les dommages économiques (pertes de valeur, destruction de biens, réparation des dommages, indemnisations, etc.) Générer des opportunités économiques (libération et valorisation du foncier, création de conditions favorables à l'attractivité du territoire : emplois, etc.) Permettre une reprise rapide du fonctionnement du territoire après l'occurrence de l'aléa Générer des opportunités économiques (création d'emplois, valorisation du foncier, etc.)
Durabilité environnementale	Dommages environnementaux liés à l'occurrence de l'aléa Impacts environnementaux	Limiter les dommages environnementaux (pollution, risques technologiques ou sanitaires, effets négatifs sur la valeur écosystémique, etc.) Préserver les ressources naturelles Avoir des impacts environnementaux positifs (sauvegarde des écosystèmes, etc.)
Durabilité sociale	Dommages sociétaux liés à l'occurrence de l'aléa Acceptabilité sociale Cohésion sociale / Equité Cadre de vie Identité territoriale	Limiter les dommages sociaux (décès, blessures, traumatismes psychologiques, etc.) Tenir compte de la diversité des acteurs concernés par la problématique Susciter leur adhésion à la démarche décisionnelle Satisfaire leurs attentes et besoins de façon équitable Contribuer à la fortification des liens communautaires Contribuer à assurer le maintien voire l'amélioration du cadre de vie des citoyens Sauvegarder le cadre de vie auquel s'identifient les citoyens et tenir compte des spécificités culturelles
Durabilité institutionnelle et territoriale (gouvernance)	Réversibilité Niveau de concertation publique Cohérence territoriale	Respecter les enjeux de bonne gouvernance Etre facilement adaptable à l'évolution du système urbain Etre dans une logique de cohérence territoriale et tenir compte des enjeux de durabilité territoriale

Source : auteurs

L'application de cette liste aux options de gestion donne des éléments suffisants pour vérifier si elles sont pertinentes voire adéquates et si elles répondent aux objectifs de développement et d'aménagement durables du territoire concerné.

### 3. Exemple de mise en œuvre : application aux stratégies de gestion des risques d'affaissement minier

La vérification de la pertinence des critères et indicateurs de durabilité est une étape importante de la démarche d'élaboration de l'approche méthodologique proposée.

Elle vise la mise en perspective du cadre théorique retenu au regard de la réalité du terrain pour juger de son opérationnalité. L'application de la liste de critères et indicateurs aux stratégies de gestion des risques d'affaissement minier de la commune de Moyeuvre-Grande, faite au travers de l'analyse des données disponibles, a permis de valider, en partie, cette étape.

### 3.1. *Présentation du site*

Située au centre de la vallée de l'Orne, Moyeuvre-Grande est une cité minière s'étendant sur 959 ha<sup>4</sup> avec une population de 8.127 habitants<sup>5</sup>. Elle se situe à une trentaine de kilomètres de Metz et une dizaine de minutes en voiture des autoroutes accédant aux pays frontaliers (Allemagne, Belgique et Luxembourg). Son territoire est concerné par 6 concessions minières (minerai de fer) qui sont actuellement abandonnées et renoncées. A la fin des années 90, elle a été confrontée à divers problèmes issus de son activité minière passée : sulfatation de l'eau potable due à l'ennoyage des galeries de mines, infiltration d'eau dans les caves des quartiers les plus bas de la commune due à la résurgence et au déversement des eaux d'exhaure, nombreux fontis et crevasses d'origine minière, etc. Des études d'aléas et de risques y ont été réalisées en 2004 par GEODERIS<sup>6</sup> pour déterminer les zones à risque d'affaissement minier. Elles révèlent 18 zones de risque (dues à la présence de bâtis et/ou d'infrastructures) couvrant environ 10 ha sur un total de 31 zones d'aléa sur près de 75 ha (Cherkaoui, 2010).

Deux des stratégies de gestion du risque d'affaissement minier sur la commune font l'objet de cette étude. La première (S1) concerne le quartier Cité Curel (cité ouvrière) et a consisté en une mesure active : comblement de la zone de risque (2001) et réhabilitation en zone paysagère de la partie où aucun traitement du risque n'est possible (2003-2004). La seconde (S2) est une surveillance des chutes de blocs dans les galeries souterraines (mesure passive) et concerne le quartier du centre de la ville de Moyeuvre-Grande (2008). L'objectif de l'étude de cas est alors de s'interroger sur leur compatibilité avec les objectifs de développement durable.

### 3.2. *Analyse coûts-avantages des stratégies*

Ce travail est basé sur une analyse coûts-avantages ; méthode qui a pour particularité d'aider à la vérification de la faisabilité d'une décision en comparant ses coûts totaux estimés à ses bénéfices totaux escomptés. Elle exige "*de considérer*

---

<sup>4</sup> Selon Cartes de France. URL [http://www.cartesfrance.fr/carte-france-ville/57491\\_Moyeuvre-Grande.html](http://www.cartesfrance.fr/carte-france-ville/57491_Moyeuvre-Grande.html) consulté le 12 mars 2012.

<sup>5</sup> Population légale 2009 de la commune selon l'INSEE. URL : <http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/recensement/populations-legales/commune.asp?depcom=57491> consulté le 12 mars 2012.

<sup>6</sup> Groupement d'Intérêt Public créé en 2001. Sa vocation est d'apporter une expertise et une assistance technique aux services centraux et déconcentrés de l'Etat en matière d'après-mine.

*tant les coûts et les avantages directs que ceux qui sont indirects*" (Ministère de la sécurité publique du Québec, 2008) afin d'optimiser les avantages nets pour la société. Elle permettrait ainsi d'effectuer des choix éclairés entre divers scénarii. Toutefois, elle ne saurait être uniquement financière car elle nécessite la prise en compte d'éléments aussi bien tangibles qu'intangibles et tous les coûts et avantages ne sauraient être monétisés : d'où la pertinence d'une évaluation à l'aune des critères et indicateurs précédemment retenus.

Le cas de Moyeuve-Grande, utilisé pour tester la méthodologie, a permis de faire un bilan de la situation à l'instant  $t_0$  des stratégies implémentées. Ce bilan (illustration par le tableau 2 pour la stratégie S2) a été réalisé sur la base de la documentation existante disponible sur le sujet.

Tableau 2 : Identification des avantages et coûts relatifs à la surveillance (quartier Centre)

Critères	Avantages	Coûts
Efficacité technique	Anticipation de l'occurrence de l'aléa <i>a priori</i> réduisant le niveau du risque	Persistance du risque à 100% Report du traitement du risque à l'éventualité d'une aggravation Incertitude sur la responsabilité vis-à-vis de la sécurité des techniciens Incertitude sur le temps de réaction entre l'alerte et l'occurrence de l'aléa
Durabilité économique	Conservation de la possibilité d'une valorisation future des cavités minières : opportunités touristiques	Coût de mise en œuvre du dispositif (court terme) = 800 k€ Coût de la maintenance et du suivi du dispositif Dommages économiques potentiels liés à une future survenance de l'aléa (hospitalisation et administration de soins aux victimes, suivi des victimes, indemnisations, perte de valeur des biens immobiliers et du foncier, etc.) Coûts indirects potentiels dus aux temps d'arrêt du fonctionnement du territoire (non continuité des activités du service public, interruption de production et perte de profit des entreprises, etc.) Gel du foncier entraînant un risque de réduction de l'attractivité du territoire
Durabilité environnementale	Aucune identification	Aucune identification
Durabilité sociale	Préservation de l'identité « minière » du territoire par la conservation des cavités souterraines	Exposition des habitants de 6 bâtiments à des dommages sociétaux liés à une future occurrence de l'aléa : pertes en vies humaines, traumatismes physiques et moraux (incapacité permanente, angoisse, effets psychologiques subis par les victimes et leur entourage), etc. Insécurité potentielle pour les intervenants (chutes de toits, etc.) Maintien d'un climat d'incertitude et d'inquiétude des citoyens sinistrables (augmentation de l'angoisse, etc.) Dégradation potentielle de la perception du cadre de vie Motivation au déménagement résultant de la persistance d'un risque (manque de contrôle sur la situation) Nécessité de développement d'une culture du risque
Durabilité institutionnelle	Réversibilité du traitement	Non prise en compte de l'expertise des communautés (en termes d'expérience de gestion des effondrements miniers) pouvant enrichir les solutions de gestion apportées

Source : auteurs

Après ce bilan, il se pose le problème de l'évaluation concrète des indicateurs à  $t_0$  et  $t_0 + \Delta t$ <sup>7</sup> car la gestion durable des risques naturels suppose aussi une projection dans le futur lors de l'évaluation des stratégies. L'étape suivante serait la proposition de méthodes et modes de leur évaluation.

<sup>7</sup>  $t_0$  est l'instant initial et  $\Delta t$  la variation de temps désirée par rapport à l'instant initial.

L'analyse sur la commune de Moyeuvre-Grande a été finalisée par l'attribution de notes moyennes aux critères par un groupe de travail sur la base des incidences recensées et de leur ampleur supposée (figure 1). Les notes moyennes proviennent des notes allant de 1 à 4 (1 : très faible, 2 : faible, 3 : élevée et 4 : très élevée) affectées en fonction de l'importance supposée des incidences par chaque membre du groupe. L'estimation de l'avantage net de chaque critère a permis la comparaison entre les deux stratégies étudiées (figure 2) ; l'avantage net étant la différence entre la note moyenne des avantages et celle des coûts. Les résultats obtenus montrent que le comblement/réhabilitation obtient les meilleurs scores. Ainsi, le comblement/réhabilitation pourrait être la meilleure stratégie à long terme tandis que la surveillance pourrait s'avérer meilleure à court et moyen terme. Les résultats confirment que la méthodologie actuelle de gestion des risques naturels met généralement en avant les aspects techniques et économiques.

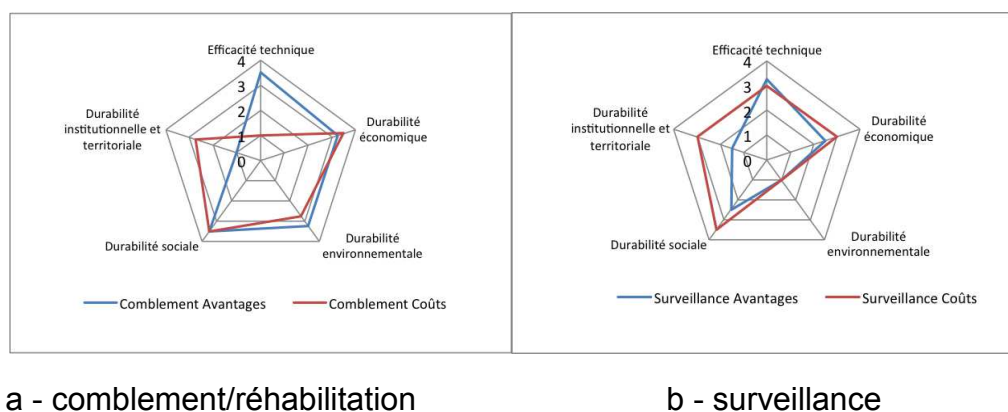


Figure 1 : Répartition des notes relatives aux coûts et avantages des deux stratégies

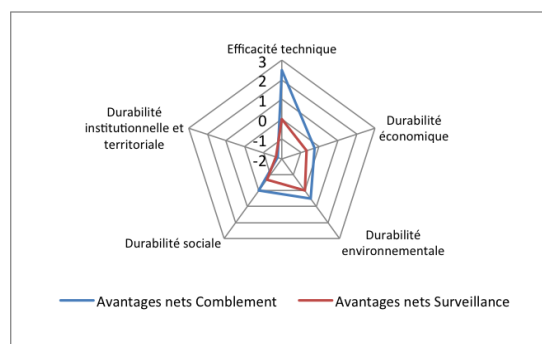


Figure 2 : Avantages nets relatifs à chaque stratégie

#### 4. Conclusion

L'application de la liste des critères et indicateurs de durabilité retenus au cas de Moyeuvre-Grande a permis de démontrer la pertinence de certaines incidences qui étaient ignorées dans la gestion des risques.

Cette liste des critères et indicateurs se veut un outil pédagogique qui facilitera les prises de décision de gestion des risques naturels. Toutefois, il apparaît utile de l'appliquer à d'autres types de risques naturels afin de l'améliorer, d'éliminer la possibilité d'une non adaptation et de garantir son applicabilité.

Les méthodes d'évaluation de ces critères et indicateurs devront être développées et validées pour finaliser la méthodologie de choix des stratégies durables lors des prises de décision. En pratique, trois méthodes principales utilisées suivant divers modes (absolue ou relative, qualitative ou quantitative) ont été identifiées ; ce sont : l'expertise qui suppose une évaluation basée sur une comparaison à des références ou sur les appréciations d'experts ; la modélisation qui consiste à générer les données par simulation et l'interview qui permet d'évaluer des données recueillies sur le terrain par mesure ou questionnaire. L'évaluation sera absolue lorsque l'affectation de la note peut être justifiée, relative quand on ne peut attribuer la note que par rapport à une note de référence, qualitative pour des données difficilement quantifiables et quantitative pour des données mesurables. Une fois les indicateurs renseignés, il s'agira de trouver la méthode d'agrégation adéquate (partielle ou complète) qui permettra de synthétiser les données pour les ramener aux critères. Des applications à des cas d'étude permettront ensuite leur validation.

### **Références bibliographiques**

- Cherkaoui, A. (2010). Approche coût-bénéfice de l'aléa « mouvement de terrain » lié à la présence de cavités souterraines. Rapport de stage de 3<sup>ème</sup> année, Ecole des Mines de Nancy. 112 pages.
- Dind, J.-P. (2006). Reconstruction, réduction de la vulnérabilité et développement durable - La reconstruction de l'habitat en milieu urbain après l'ouragan Stan au Mexique. Mémoire de DESS, Université de Lausanne. 93 pages.
- Mancebo, F. (2006). Du risque « naturel » à la catastrophe urbaine : Katrina. VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement. Vol 7, N° 1. URL : <http://vertigo.revues.org/2096> consulté le 24 février 2012.
- Ministère de la sécurité publique du Québec (2008). Adapté de : Emergency management Australia, Emergency Risk Management – Applications Guide (Manual 5), Australian Emergency Manuals Series, Australian Government, 2004, p. 52.
- Nicolas, J.-P., Pochet, P. et Poimboeuf, H. (2001). Indicateurs de mobilité durable sur l'agglomération lyonnaise, méthodes et résultats. Rapport d'étude. 233 pages.
- Terrier, M. (2009). Manuel de présentation de l'outil d'évaluation ex ante de la durabilité des systèmes d'activité des ménages agricoles pluriactifs dans l'Aude. Etude du projet INTERSAMA. Montpellier Supagro. 75 pages.
- Thomi, L. et Reynard E. (2009). Gouvernance des risques hydrologiques dans un contexte urbain - le cas de la ville de Berne (Suisse). Espaces et sociétés, 2009/4 n° 139, p. 123-140.